

Г. М. ПИКАЛОВА, Г. П. СЕРАЯ, М. В. НИКУЛИНА

**СТРУКТУРА И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ
РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА ЗОЛООТВАЛАХ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ
РАВНИНЫ**

Лабораторией промышленной ботаники биологического факультета Уральского университета в 1959 г. по инициативе и под руководством В. В. Тарчевского были начаты исследования по разработке способов фитомелиорации золоотвалов тепловых электростанций. Первые итоги исследований обобщены В. В. Тарчевским, Ф. М. Шубиным, Б. П. Колесниковым и Г. М. Пикаловой. Необходимость углубления выводов обусловила включение в комплексную тему лаборатории «Закономерности формирования фитоценозов и почв на промышленных отвалах» раздела по изучению особенностей формирования и развития растительного покрова на золоотвалах. В связи с этим в 1969—1974 гг. были последовательно обследованы золоотвалы многих электростанций Урала, результаты изучения растительности которых опубликованы (Пикалова, Серая, Пасынкова и др., 1974), а также золоотвалы центральной части Восточно-Европейской равнины СССР (золоотвалы двух Кировских, Ленинградской, Новомосковской, Алексинской, Черепецкой, Зуевской, Старобешевской тепловых станций) и Казахстана (Карагандинская). Часть материалов по золоотвалам этой второй группы анализируется в настоящей статье, другие использованы для общих выводов. В исследовании в основном обобщен опыт биологической рекультивации золоотвалов тепловых электростанций в СССР, послуживший основой для разработки второго варианта Инструкции по их биологической рекультивации, переданной Главному техническому управлению Министерства энергетики и электрификации СССР в 1973 г. В работе, выполненной под руководством чл.-корр. АН СССР Б. П. Колесникова, кроме авторов, принимали участие Ф. М. Шубин, студенты А. Иоффе и Е. Быкова. Методика изучения растительности на золоотвалах опубликована в обзорной статье по золоотвалам Урала (Пикалова и др., 1974).

В ботанической литературе искусственные растительные сообщества называют культурфитоценозами (КФЦ), имея в виду сообщества, существование, строение и развитие которых происходит под влиянием целенаправленной деятельности человека (Бялович, 1936; Марков, 1968; Колесников, Пикалова, 1970). Однако А. П. Шенниковым (1951) в понятие культурной растительности вкладывалось более широкое содержание. Он считал целесообразным относить к ней всякую растительность, которая переустроена и целеустремленно изменена в той или иной мере человеком. Следуя этому, мы в настоящей работе относим к культурфитоценозам две категории растительных сообществ, встречающихся на золоотвалах: 1) искусственные сообщества, созданные путем посева многолетних травянистых растений на специально подготовленном участке, т. е. собственно культурфитоценозы (золоотвалы Новомосковской и Старобешевской ГРЭС); 2) растительные сообщества, возникшие и развивающиеся на фоне специально проведенных агротехнических воздействий, таких как полив субстрата отвала сточными бытовыми водами, намыв на него песка из русла р. Оки (Алексинская ТЭЦ), или намыв ила с песком из поймы р. Черепеть (Черепецкая ГРЭС).

Искусственные растительные сообщества (культурфитоценозы), возникновение которых на золоотвалах и других техногенных образованиях обусловлено необходимостью восстановления продуктивности и хозяйственной ценности земель, нарушенных промышленностью, изучены еще недостаточно. В то же время исследование подобных сообществ является одной из задач общего биогеоэкологического изучения растительности страны, конкретно — культурбиогеоэкологии (Лавренко, 1971; Раменский, 1971). Сравнительное изучение процессов формирования растительных сообществ на отвалах одного класса, расположенных в различных зонально-географических условиях, перспективно для выявления общих закономерностей и специфики развития растительного покрова на техногенных экотопах. Золоотвалы Восточно-Европейской равнины, на которых в 1973—1974 гг. проведено изучение растительных сообществ, находятся в пределах лесостепной и степной зон (Физико-географическое районирование СССР, 1968). В лесостепной зоне располагаются золоотвалы Тульской области — Новомосковской, Алексинской и Черепецкой ГРЭС. Занятая ранее широколиственными лесами, эта территория интенсивно распахивалась, что привело к сокращению площади лесов. Среднегодовое количество осадков — 500—600 мм, в пределах этой нормы оно сохранялось и в 1973—1974 гг. Часть равнины находится в пределах степной зоны, отличающейся более теплым и сухим климатом. В пределах Донецкой провинции расположен золоотвал Старобешевской ГРЭС. Умеренно-континентальный климат этой провинции со среднегодовой суммой осадков 450—550 мм в 1973 г. характеризовался повышенным увлажнением, а в 1974 г. количество осадков находилось на уровне среднегогодовой нормы.

Особенности климатических условий районов расположения золоотвалов, из которых наиболее важными для последних являются показатели увлажнения (от 0,45 до 0,35 соответственно по охарактеризованным зонам), оказывают значительное влияние на скорость формирования, состав и структуру естественных и искусственно создаваемых на золоотвалах растительных сообществ, определяя их экологический и фитоценотический состав.

Золоотвал Новомосковской ГРЭС (Новомосковск, Тульской обл.). Первый в СССР опыт по биологической рекультивации золоотвалов выполнен именно на золоотвале (площадь 20,7 га) этой ГРЭС в 1958 г. (Сигалов, 1970). Но исходный ассортимент высеянных культур не опубликован, и полностью восстановить его не удалось. Однако наличие в составе травостоя житняка ширококолосьного, костра безостого, мятлика лугового, донника желтого, клеверов лугового и гибридного, часть из которых рекомендована Б. Я. Сигаловым (1958) для залужения золоотвалов, позволяет предположить, что именно они были первоначально высеяны при создании культурфитоценоза.

В настоящее время посев в значительной степени деградирован и может быть characterized как разнотравно-злаковая растительная группировка. Общая задерненность поверхности составляет 50—60% при таком же среднем проективном покрытии. Доминантом является житняк ширококолосьный (сор₂) высотой около 50 см. Количество его побегов колеблется на 1 м² от 30—280 до 250—600 на разных участках. Локальное выпадение житняка обусловило пятнистое рассеяние видов, внедряющихся в посев. В составе трехъярусного травостоя зарегистрировано еще 24 вида, 50% из которых приходится на долю многолетних лугово-сорных видов.

Наилучшего развития достигли злаки — житняк, костер, мятлик и др., они наиболее обильно встречаются, занимая I и II ярус травостоя, и имеют нормальную жизненность. Это обусловило и формирование достаточно прочной дернины, основная масса корней в которой располагается на глубине до 25 см. По сравнению со злаками представители сорного разнотравья (лебеда копьелистная, марь белая, льнянка обыкновенная и др.) и бобовых (донник желтый, клевера гибридный и ползучий) имеют пониженную жизненность, плохо цветут и плодоносят. Преобладание (более 60%) многолетних видов позволяет заключить, что сформировавшийся фитоценоз достиг своего относительно стабильного состояния. Однако травостой в последующем может быть улучшен путем проведения агротехнических мероприятий (подкормка, посев). Это будет способствовать более мощному развитию злаковых и бобовых компонентов, вытеснению сорняков и повышению общей производительности травостоя, достигающей в настоящее время лишь 20 ц/га сырой массы.

Золоотвал Старобешевской ГРЭС (пос. Старобешево, Донецкой обл.). На золоотвале Старобешевской ГРЭС в 1972 г. были созданы одновидовые КФЦ из люцерны синегрибной и донника

желтого. Сообщества, созданные путем посева одного вида (или сорта) растений, принято называть простыми (Часовенная, 1967). Однако, как правило, состав их подвержен значительным изменениям за счет заноса извне семян других растений. Внедрение в КФЦ идет, по-видимому, в соответствии с процессом зарастания первоначально свободной территории, особенности которого отмечены В. Н. Сукачевым (1938).

В составе донникового КФЦ зарегистрировано 30 видов растений. Проективное покрытие 50, задерненность 40%. Преобладающее количество видов травостоя относится к группе влаголюбивых; господствуют мезофиты и ксеромезофиты, доля которых равна 55%. Относительное преобладание их может быть связано с погодными условиями, позволившими развиваться в степной зоне мезофитным формам. В то же время наличие в составе травостоя ксерофитов и мезоксерофитов, составляющих в целом 45%, позволяет предполагать возможное увеличение численности их по мере развития сообщества.

Количественный учет особей, проведенный на раункиеровских площадках, показал, что наибольшей встречаемостью (от 60 до 96%) характеризуются латук, донник, липучка и бескильница, представленные наибольшим числом особей, которые и образуют основную массу травостоя. Однако распределение по площади особей (и побегов) видов даже с такой высокой встречаемостью неравномерно и составляет (в расчете на 1 площадку) от 3 до 98 (латук), 5—326 (донник), 12—70 (липучка) и 9—95 (бескильница) экземпляров. Еще более неравномерно распределены в составе травостоя другие, более редко встречаемые виды. Видовая насыщенность в целом колеблется от 16 до 28 видов на 1 м². Таким образом, даже при однородности условий среды на золотавале распределение видов растений, подобно распределению видов, заселяющих открытые участки с естественной почвой (Василевич, 1970), неравномерно. Мозаичность в распределении видов и особей в составе КФЦ может быть обусловлена не столько микроразличиями экотопических условий отдельных участков, сколько случайным заносом и распределением семян и поселением их на свободной территории.

Для поселяющихся в составе КФЦ видов характерна значительная дифференциация особей по мощности и степени развития у них вегетативных и генеративных органов. Анализ показателя высоты особей из ценопопуляций полыни шелковистой, латука татарского, кохии простертой и бескильницы расставленной показывает, что коэффициент вариации превышает 60%, тогда как у костра полевого, василька фригийского, липучки ежовой он находится в пределах 20—30%. Как установлено для почвенной культуры растений, коэффициент вариации возрастает при неблагоприятных для вида условиях, которые способствуют также и проявлению генотипической разнокачественности семян (Синская, 1961). Следовательно, условия существования для разных

видов растений на золоотвале неидентичны, что подтверждается и данными об относительной доле участия их в формировании надземной фитомассы донникового КФЦ (табл. 1).

Как показывают данные, общая масса надземных органов растений невелика. Это обусловлено тем, что в год исследования доминант КФЦ — донник, образующий основную часть травостоя,

Таблица 1

Основные компоненты и производительность донникового культурфитоценоза

Вид	Ярус	Высота, см	Обилие	Воздушно-сухой вес надземной массы, г/м ²	Относит. весовое обилие, %
Melilotus albus, M. offic.	III	20,9	Cop ₂ — Cop ₃	84,80	58,3
Lactuca tatarica	III	21,7	Sp	23,58	16,2
Puccinellia distans	III	19,1	Sp	14,52	10,0
Bromus arvensis	II	31,5	Sp	9,25	6,4
Kochia prostrata	III	4,9	Sp	0,20	0,1
Carduus acanthoides	III	29,5	Sol	1,82	1,3
Lappula echinata	III	20,1	Sp	0,72	0,5
Berteroa incana	II	50,4	Sp	0,22	0,2
Lepidium campestre	III	4,4	Sp	0,17	0,1
Прочие				9,61	6,8
Итого				145,48	100,0

был представлен особями 1-го года жизни. Представители разнотравья, из числа которых на первом месте стоит латук татарский, образуют 23,5% массы, и 16,4% приходится на долю злаков — костра и бескильницы. Производительность травостоя с донником 2-го года жизни достигает 27,1 ц/га. Вес воздушно-сухой массы подземных органов составил 20,3 ц/га, что в 1,4 раза превышает вес надземных органов.

Флористический состав люцернового КФЦ представлен 38 видами, проективное покрытие — 80, задерненность — 50%. Отмечено повышенное обилие василька фригийского, кохии простертой, липучки ежовой и эспарцета песчаного. В составе травостоя преобладают многолетники. Экологический спектр представлен почти равными количествами видов влаголюбивых и засухоустойчивых. Подтверждением идентичности условий существования как для степных, засухоустойчивых видов, так и для мезофитов и ксеромезофитов служит и дифференциация особей видов по высоте — одному из признаков, характеризующих жизненность их в ценозе. Доминант сообщества, образуя в комплексе с содоминантом достаточно плотный травостой, сохраняет влагу под пологом, формируя специфический микроклимат, способствующий созданию

нормальных условий жизни влаголюбивых видов. В фитоценотическом спектре отмечается явное преобладание луговых и сорных видов. Стабильное количество видов представителей степных условий местообитания, зарегистрированное на протяжении двух вегетационных периодов, свидетельствует о прочном закреплении их в составе КФЦ. Встречаемость видов в составе КФЦ неодинакова. Лишь доминант сообщества — люцерна синегибридная распределен по площади сообщества равномерно и характеризуется коэффициентом встречаемости более 75%. Содоминантами выступают кохия простертая (встречаемость 72%) и василек фригийский (68%), представленные наравне с лебедой копыelistной и короставником наибольшим числом особей, относительно равномерно распределенных по всей площади КФЦ.

Изучение фенологического состава популяций этих видов, служащее показателем устойчивости вида в ценозе (Работнов, 1960), показало, что василек фригийский представлен особями, находящимися в разных фазах развития — от вегетативной до генеративной. В то же время популяции лебеды, кохии, полыни и некоторых других видов на 100% состоят из вегетативных особей.

Таблица 2

Основные компоненты и производительность люцернового культурфитоценоза

Вид	Ярус	Высота, см	Обилие	Воздушно-сухой вес надземной массы, г/м ²	Относит. весовое обилие, %
<i>Medicago media</i>	II	66,9	Cop ₁	164,1	48,4
<i>Centaurea phrygia</i>	II	36,7	Cop ₁	74,7	22,0
<i>Melilotus officinalis</i>	II-1	74,5	Sp	54,2	16,0
<i>Onobrychis arenaria</i>	II	63,3	Sp	12,6	3,7
<i>Onopordum acanthium</i>	III	11,1	Sol	11,1	3,3
<i>Artemisia absinthium</i>	III	28,0	Sol	10,2	3,0
<i>Lactuca tatarica</i>	III	23,4	Sp	1,5	0,5
<i>Knautia</i> sp.	III	15,4	Sp	0,4	0,1
Прочие				10,3	3,0
Итого				339,1	100,0

Различна и доля участия видов в сложении массы травостоя (табл. 2), основную часть которой составляют доминант и содоминант сообщества — люцерна и василек. В целом же в структуре фитомассы доминируют бобовые. Вес подземных органов растений составил 295,3 г/м², или 0,8 от веса их надземных частей.

Фактором, влияющим на изменение флористического состава КФЦ, является скармливание его травостоя крупным рогатым скотом, маршрут прогона которого проходит через участок, занятый посевом люцерны. Выборочное поедание растений (главным

образом люцерны) приводит к изреживанию травостоя, а образовавшиеся свободные участки занимаются сорными видами. Идущий процесс деградации культурного сообщества характеризуется снижением его производительности (с 33,9 до 14,4 ц/га на участках, подвергающихся стравливанию) и ухудшением кормового достоинства травостоя.

В целом обследование культурфитоценозов золоотвала Старобешевской ГРЭС подтвердило перспективность применения бобовых для проведения биологической рекультивации. Однако в связи с отсутствием ухода при сохранении доминирующего положения высеванных видов происходит интенсивное внедрение в состав КФЦ представителей сорной флоры, таких как костер полевой, василек фригийский, латук татарский и др. Коэффициент флористического сходства донникового и люцернового КФЦ составляет 53% и формируется за счет видов сорной флоры.

Таблица 3

Флористический состав сообществ, %

Сообщество, место расположения	Возраст, лет	Биотип		Фитоценотип					Экотип			
		много- летн.	1-, 2- летн.	луго- вые	лес- ные	степ- ные	сор- ные	М и МГ	ХМ	МХ	Х	
Культурфитоценозы												
1. Разнотравно-злаковый (Новомосковск)	15	67,0	33,0	46,0	8,0	6,0	40,0	37,0	23,0	23,0	17,0	
2. Донниковый (Старо- бешево)	3	50,0	50,0	33,0	7,0	18,0	42,0	35,0	20,0	20,0	25,0	
3. Люцерновый	3	60,5	39,5	44,7	—	10,6	44,7	31,6	18,4	32,6	17,4	
Естественные сообщества												
4. Злаково-разнотравно- бобовое (Алексин) . . .	не опр.	62,1	37,9	36,0	26,0	2,0	36,0	54,4	5,7	28,5	11,4	
5. Злаково-бобово-разно- травное (Суворов) . . .	не опр.	71,1	28,9	48,8	9,0	—	42,2	51,1	—	40,0	9,0	

Сравнительный анализ флористического состава (табл. 3) рассмотренных культурфитоценозов, расположенных в пределах лесостепной и степной зон, позволяет сделать некоторые общие выводы.

1. Биотипический состав КФЦ уже на 3-й год жизни представлен преимущественно многолетними видами. Малолетники в КФЦ 15-летнего возраста составляют всего третью часть общего числа видов. Очевидно, КФЦ на изученных золоотвалах находятся на стадии открытых сообществ (В. Н. Сукачев, 1975, с. 254), характеризующихся раздельнозрелым сложением.

2. В составе фитоценологических групп КФЦ как молодых, так и более зрелых (15-летнего возраста), значительна доля сорных

видов, за счет которых отмечается высокая степень флористического сходства (53,0%) между КФЦ. Господство сорных видов в КФЦ служит показателем их деградации и должно определять комплекс мер по улучшению состава травостоя агротехническими приемами.

3. Экотипический состав сформировавшегося сообщества золотвала Новомосковской ГРЭС отражает явную зональную приуроченность большинства (60%) видов, в то время как для КФЦ золотвала степной зоны пока четкой закономерности не выявлено при тенденции к увеличению количества засухоустойчивых видов.

Таблица 4

Сравнительная производительность культурфитоценозов

Вид КФЦ	Возраст, лет	Пункт расположения, зона	Вес воздушно-сухой массы, ц/га			Отношение веса подземных к весу надземных органов
			надземной	подземной	всего	
Злаково-бобовый .	10	Березники, таежная	14,2	95,6	109,8	6,7
Злаковый	15	Новомосковск, лесостепная	10,0	не опр.	не опр.	не опр.
Костровый	6	Южноуральск, лесостепная	7,7	18,6	26,3	2,3
Люцерновый	6	Южноуральск, лесостепная	16,4	26,8	43,3	1,6
Эспарцетовый . . .	6	Южноуральск, лесостепная	27,6	55,7	83,3	2,0
Донниковый	3	Старобешево, степная	14,5	20,3	34,8	1,4
Люцерновый	3	Старобешево, степная	33,9	29,5	63,4	0,8

4. Сравнительный анализ производительности КФЦ (табл. 4), выполненный с учетом ранее полученных данных (Пикалова, Серая и др., 1974), позволяет сделать вывод о наличии общей тенденции снижения ее с возрастом КФЦ. Это характерно для сообществ как из злаковых или бобовых растений, так и из их смеси. Более устойчива производительность КФЦ из бобовых видов. Полученные данные служат доказательством целесообразности включения бобовых в состав травостоев при биологической рекультивации золотвалов.

5. В формировании общей фитомассы КФЦ наибольшая доля участия принадлежит подземным органам. Относительно более сильное разрастание подземных органов растений по сравнению с надземными, отмечаемое для условий почвенной культуры, характеризующихся недостатком питательных веществ (Рассел, 1955, Колосов, 1962 и др.), свойственно и растительным сообществам, создаваемым на золотвалах. Эта особенность способствует на-

коплению органического вещества и азота в золе, лишенной этих соединений, и, как следствие,—поддержанию продуктивности сообществ.

Золоотвал Алексинской ТЭЦ (Алексин, Тульской обл.). Как уже отмечалось, к числу сообществ, возникших и развивающихся на фоне проведенных агротехнических мероприятий, относится растительная группировка золоотвала Алексинской ТЭЦ. Золоотвал, основная эксплуатация которого закончена в 1968 г., состоит из 5 секций площадью 36,0 га, расположен в пойме Оки. С одной стороны его ограждает коренной берег, растительность которого является источником заноса семян на золоотвал, с другой — искусственная дамба, максимальная высота которой над уровнем местности — 25 м.

Растительность секций № 2 и 3 золоотвала (площадь 14,5 га) сформировалась под влиянием периодического (главным образом в осенне-зимний период) выпуска на золоотвал фекальных вод. Ко времени обследования она была представлена разнотравно-злаково-бобовой группировкой с проективным покрытием 50% и задерненностью 30% при общем числе видов 37. Такая высокая флористическая насыщенность для относительно молодой растительной группировки объясняется близостью богатого по количеству видов и удобно расположенного по отношению к золоотвалу источника заноса семян — коренного берега Оки. Среди широко распространенных видов (обилие сор₁) в составе группировки отмечены полынь горькая (встречаемость 46%), люцерна хмелевидная, вейник ланцетный (56), мать-и-мачеха (86), а также донники белый и желтый (92), мятлик обыкновенный (sp); и др.

Преобладают многолетники, господствуют (60%) мезофиты, в то время как доля ксерофитов очень низка (11,4%). Основную часть видов (62%) составляют лугово-лесные, при значительном участии сорных; многие виды (вейник ланцетный, мятлик луговой, цикорий обыкновенный, лядвенец рогатый, люцерна хмелевидная) принадлежат к числу типичных для лесной зоны. При относительно равномерном распределении на площади золоотвала особей наиболее встречающихся видов отмечены значительные колебания их количества на отдельных площадках. Так, число особей донника колеблется от 1 до 31, мать-и-мачехи — от 1 до 41, количество побегов вейника — от 2 до 29. Необходимо отметить, что вейник и мать-и-мачеха образуют чистые, не дифференцированные на ярусы заросли. Образование именно этими видами простых сообществ отмечалось еще С. И. Коржинским (1888, цит. по: Сукачев, 1975, с. 71—72) и рассматривалось им, а также В. В. Алехиным (1924) и В. Н. Сукачевым (1975) как показатель крайних условий существования. Способность же заселения неблагоприятных по эдафическим характеристикам местообитаний свойственна вегетативно-подвижным видам, каковыми и являются вейник и мать-и-мачеха. Очевидно, развитие одновидовых зарослей на золоотвале может рассматриваться признаком начальной

стадии сингенеза на техногенном экотопе, даже если его эдафические условия и улучшены путем полива сточными водами. Видовая насыщенность в большинстве случаев на 1 м² равна 4—12 при колебаниях в целом на участке от 12 до 24. Учет дифференциации особей по фазам сезонного развития показал, что лишь 66% видов проходят полный цикл развития. Именно для них (вейник, лядвенец, мать-и-мачеха, люцерна хмелевидная и др.) характерна и большая выравненность особей по высоте, в то время как для полыни горькой и обыкновенной, татарника колючего и др. коэффициент вариации превышает 50%.

Таблица 5

Основные компоненты и производительность разнотравно-злаково-бобовой растительной группировки на 3-й секции золотвала Алексинской ТЭЦ

Вид	Ярус	Высота, см	Обилие	Воздушно-сухой вес надземной массы, г/м ²	Относит. весовое обилие, %
Melilotus albus, M. offic.	II	50,4	Sp	105,78	64,84
Tussilago farfara	III—II	15,4	Cop ₁	25,4	14,8
Calamagrostis lanceolata	II	51,8	Cop ₁	17,43	10,2
Medicago lupulina	II	6,0	Cop ₁	12,46	7,3
Artemisia vulgaris	III	19,7	Sp	4,60	2,7
Artemisia absinthium	III	12,3	Sol	1,96	1,1
Trifolium repens	II	29,2	Sol	0,8	0,5
Onopordon acanthium	III	13,4	Sp	0,21	0,1
Poa pratensis	II	58,7	Sol	0,23	0,1
Poa trivialis	II	39,4	Sp	0,14	0,08
Sonchus arvensis	III	10,2	Sp	0,12	0,07
Melilotus albus, M. officinalis (1 год)	III	10,2	Sp	0,02	0,01
Прочие				2,14	1,2
Итого				171,29	100,00

Производительность травостоя по общему запасу фитомассы находится на уровне производительности культурфитоценозов лесостепной зоны (табл. 4, 5). Наибольшее участие в сложении надземной массы принимают бобовые (72% от общего веса), из представителей разнотравья максимум приходится на мать-и-мачеху (14,8%), из злаков — на вейник ланцетный (10,2%). Вес массы подземных органов равен 218,9 г/м², что в 1,2 раза больше массы надземных органов.

Особенностью анализируемой группировки является присутствие в ее составе не только травянистых, но и древесных видов. Они представлены 7 видами, из которых береза, сосна, осина и ива прутьевидная отмечены единичными экземплярами. Более распространенными являются ивы пятитычинковая и белая с оби-

лием *sp.* и ива козья с обилием сорн. Ивы достигают высоты 2,0—4,0 м. На площадке в 100 м² насчитывается до 25 деревьев и кустарников, образующих древесно-кустарниковый ярус. Все они являются мезофитами и гигрофитами, обитателями речных берегов и влажных лесов, требующими достаточной степени увлажнения; они хорошо развиваются на золоотвале. Формирование сообществ подобного типа отмечено ранее на участке с поливом сточными водами золоотвала Нижнетуриной ГРЭС, расположенного в лесной зоне (Пикалова, Серая, Пасынкова и др., 1974), и может рассматриваться как стадия формирования устойчивого лугово-лесного ценоза зонального типа, классифицируемого в данный момент как открытый фитоценоз.

В целом анализ растительности подтверждает сделанный ранее (Хамидулина, 1966) вывод о благоприятном влиянии сточных вод на ее развитие. Флористический состав сообществ, их кормовое достоинство могут быть улучшены, а производительность повышена путем проведения подсева многолетних видов травянистых растений из категории лугопастбищных.

Золоотвал Черепецкой ГРЭС (Суворов, Тульской обл.). Золоотвал Черепецкой ГРЭС общей площадью 25,4 га имеет две законченные эксплуатацией секции. В 1967/68 г. на поверхность секции № 3 произведен гидронамыв ила с песком со дна р. Черепеть, на фоне которого развилась злаково-бобово-разнотравная растительная группировка, используемая как сенокос и пастбище. Задерненность поверхности золоотвала неравномерная: на большинстве территории 30—40%; на отдельных участках до 80% при среднем проективном покрытии 40—50% и максимальном 100%.

Сравнительный анализ флористического состава за 2 года показал, что как общее количество видов (55), так и обилие большинства их остались неизменными, что свидетельствует об устойчивости сложившегося сообщества. Изменения произошли лишь в обилии отдельных видов. По биологическому типу большинство видов (71%) многолетние, главным образом сорные и луговые растения, доля которых в общем составе травостоя значительна (60%). Не наблюдалось принципиальных изменений и в экотипическом спектре сообщества. Отмечено лишь незначительное (с 11 до 7%) уменьшение доли ксерофитов, в то время как мезофиты и мезоксерофиты — виды, наиболее приспособленные к климату лесной и лесостепной зоны, составляли большинство (89%).

Изучение структуры трехъярусного травостоя золоотвала показало, что встречаемость, как и количество особей видов, неодинакова. Наибольшей встречаемостью характеризуется полын обыкновенная (72%), хвощ полевой (62%), люцерна хмелевидная (56%) и пырей ползучий (48%), имеющие, как правило, большее обилие и составляющие основную часть фитомассы. Количество особей (и побегов) на единице учетной площади колебалось для полыни от 1 до 32, люцерны от 1 до 162 и т. д. при относительно стабильной (в пределах 5—7) видовой насыщенности.

При анализе общего состояния травостоя отмечено, что в его составе преобладают низкорослые особи. Хотя в настоящее время по числу видов и по создаваемой массе наибольшее значение имеют представители разнотравья, тем не менее большинство их (до 40%) характеризуется пониженной, по сравнению со злаками, жизненностью. Полученные данные согласуются с известными в литературе сведениями об угнетении под влиянием выпаса представителей разнотравья и полном исчезновении растений с преимущественным верховым олиствением — верховых злаков, место которых в травостое постепенно занимают злаки низового типа и типично розетковые растения (Смелов, 1966). В травостое злаково-бобово-разнотравной 'растительной группировки золоотвала Черепецкой ГРЭС, используемой как пастбище, как раз и преобладают виды с приземным олиствением — мать-и-мачеха, клевер белый, пырей ползучий, люцерна хмелевидная, мятлик луговой и др., относящиеся к пастбищным (Ларин, Агабабян, Работнов и др., 1950, 1951) и поэтому хорошо сохраняющиеся в условиях постоянного выпаса. В то же время в составе травостоя зарегистрированы и высокопродуктивные виды злаков и бобовых (полевица белая, костер ржаной, овсяница красная, люцерна желтая, клевера и др.), перспективные для биологической рекультивации золоотвалов. Все это позволяет сделать заключение о возможном усилении развития этих видов при условии ограничения или полного прекращения пастбы скота.

Производительность травостоя довольно низка и составляет всего 5,2 ц/га (табл. 6), что, безусловно, связано с действием названных факторов. В сложении массы травостоя преобладает разнотравье, из состава которого на долю полыни обыкновенной приходится 19,6%, мать-и-мачехи — 12,1%. По относительному весовому обилию бобовых компонентов на первом месте клевер ползучий (10,9%) и люцерна хмелевидная (7,8), из злаков — пырей ползучий (8,5%) и овсяница красная (4,5%). Вес воздушно-сухой массы подземных органов растений достигает 96,5 г/м², что в 1,8 раза превышает вес надземных органов.

В целом для растительных сообществ рассмотренных золоотвалов характерно преобладание многолетних лугово-лесных видов, мезофитов и мезогигрофитов по экологии (табл. 3), что отражает их зональную приуроченность. Несмотря на то, что растительность обоих золоотвалов сформировалась под влиянием различных способов агротехнического воздействия, флористический состав сообществ имеет значительное сходство (64,7%), главным образом за счет лугово-сорных многолетних видов. Сравнительный анализ производительности сообществ, возникших естественным путем и созданных искусственно на фоне полива фекальными водами, ярко демонстрирует значимость различных способов агротехнического воздействия (табл. 7).

Как ранее установлено, применение полива золоотвалов сточными водами является одним из агротехнических приемов улучше-

**Основные компоненты и производительность злаково-бобово-разнотравной
растительной группировки на золоотвале Черепецкой ГРЭС**

Вид	Ярус	Высо- та, см	Оби- лие	В/сухой вес надз. массы, г/м ²	Относит. весовое обилие, %
<i>Artemisia vulgaris</i>	III	10,2	Sp	10,22	19,6
<i>Tussilago farfara</i>	III	7,9	Cop ₁	6,34	12,1
<i>Trifolium repens</i>	II—III	28,9	Sp	5,7	10,9
<i>Agropyrum repens</i>	II	52,2	Sp	4,44	8,5
<i>Medicago lupulina</i>	III	13,2	Cop ₁	4,08	7,8
<i>Artemisia sericea</i>	III	17,1	Sol	2,72	5,2
<i>Melilotus albus</i>	III	12,3	Sp	2,57	4,9
<i>Festuca rubra</i>	II—III	22,7	Sp	2,34	4,5
<i>Poa pratensis</i>	II	36,6	Sp	2,09	4,0
<i>Onopordon acanthium</i>	II	28,3	Sol	1,7	3,3
<i>Trifolium pratense</i>	II	39,0	Sol	1,45	2,8
<i>Poa angustifolia</i>	II	36,5	Sol	0,97	1,97
<i>Equisetum arvense</i>	III	14,7	Cop ₁	0,87	1,7
<i>Artemisia absinthium</i>	III	10,1	Cop ₁	0,52	1,0
<i>Berteroa incana</i>	II	27,5	Sol	0,47	0,9
<i>Trifolium arvense</i>	III	16,4	Sol	0,27	0,5
<i>Carex sp.</i>	III	18,9	Sol	0,26	0,5
<i>Achillea millefolium</i>	III	14,2	Sol	0,04	0,1
Прочие				5,15	9,8
Итого				52,2	100,00

ния золы как субстрата. Проведенный анализ показывает четкую зависимость производительности травостоев, созданных путем посева (КФЦ) и сформировавшихся естественным путем: производительность КФЦ даже 10-летнего возраста в 3,5 раза выше, чем более молодых (возраст 5 лет) естественных сообществ. Следовательно, применение полива должно служить лишь фоном для КФЦ.

Использование речного ила в смеси с песком хотя и приводит к формированию растительного покрова, прекращающего пыление, но производительность его очень низка. Поэтому данный способ может использоваться лишь для создания сообществ санитарного типа.

Суммируя данные, можно сделать некоторые выводы.

1. Золоотвалы как своеобразные элементы техногенного ландшафта, создаваемые путем аккумуляции золы, образующейся при сжигании твердого топлива, в естественном состоянии лишены сомкнутого растительного покрова. Возникающие путем естественного поселения семян растительные группировки неустойчивы. Случаи подобного формирования растительных группировок отмечены на золоотвалах Зуевской, Старобешевской, Ленинградской и др. станций.

Таблица 7

**Сравнительный анализ производительности естественных
растительных сообществ и культурфитоценоза, ц/га**

Сообщество	Возраст, лет	Пункт расположения, зона	Вес воздушно-сухой массы			Отношение веса подземных к весу надземных органов
			надз.	подз.	всего	
На золе с поливом						
Злаково-бобовый КФЦ	10	Нижняя Тура, таежная	58,8	не опр.	не опр.	не опр.
Разнотравно-злаково-бобовая группировка.	5	Алексин, лесостепная	17,1	21,9	39,0	1,3
На золе с намытым песком и илом						
Злаково-бобово-разнотравная группировка	5	Суворов, лесостепная	5,2	9,6	14,8	1,8

Процессы самозарастания ускоряются при условии покрытия поверхности золоотвалов слоем почвы или потенциально плодородного грунта. В этом случае формируются сообщества, разнообразные по флористическому составу, обладающие определенной устойчивостью (золоотвалы Алексинской, Черепецкой, Верхнетагильской ГРЭС). Наиболее успешно идет самозарастание при поливе золоотвалов сточными водами. Улучшение условий влагообеспеченности и снабжения растений азотистыми соединениями сопровождается увеличением количественного и расширением видового разнообразия высших растений, приводит к формированию устойчивых сообществ, в составе которых присутствуют не только травянистые, но и древесные виды растений (золоотвалы Нижнетуриной и Алексинской ТЭЦ). Сукцессионные процессы группировок этого типа идут в направлении формирования луговых сообществ зонального типа. Для золоотвалов лесной зоны возможно образование сообществ с участием вейника наземного и щучки дернистой (золоотвалы Березниковской ТЭЦ, Кировской ГРЭС-8) с дальнейшей сукцессией их в лесные сообщества с участием ив, березы, осины, сосны (золоотвалы Нижнетуриной и Алексинской станций). Для золоотвалов лесостепной и степной зон страны характерно возникновение сообществ из видов сорной флоры, обладающих засухоустойчивостью (золоотвалы Южноуральской и Старобөшевской ГРЭС). Однако травостой группировок самозарастания, состоящий в значительной степени из сорного разнотравья, низкопродуктивен и малоценен в кормовом отношении.

2. Опыты биологической рекультивации золоотвалов таежной, лесостепной и степной зон страны, проведенные путем создания культурфитоценозов на золе, покрытой слоем почвы или потенциально плодородного грунта, при поливе сточными водами, дали вполне успешные результаты.

Общим для КФЦ всех изученных золоотвалов является сохранение до определенного возраста доминирующей роли культурных видов, на фоне интенсивного внедрения в их состав с первых же лет жизни сорных компонентов, экологический спектр которых в большинстве случаев отражает их зональную приуроченность. Выявленные погодичные колебания флористического состава свидетельствуют о том, что такие сообщества находятся на стадии открытых фитоценозов, когда состав видов изменяется не столько за счет выработки устойчивых фитоценологических отношений внутри культурфитоценоза, сколько за счет колебаний погодных условий и действия антропогенных (зоогенных) факторов.

Сравнительный анализ показывает, что на золе с почвенным покрытием в районах достаточного увлажнения (таежная и лесостепная зона) более высокой и устойчивой производительностью обладают КФЦ из злаков или смеси злаков и бобовых растений. В лесостепной и степной зоне страны наиболее перспективны с этой точки зрения КФЦ из бобовых, что, по-видимому, связано с особенностями строения их корневых систем, обеспечивающих усвоение влаги из глубоких горизонтов золоотвала, а также биологической способностью бобовых осваивать безазотистые субстраты. Очевидна перспективность использования бобовых для биологической рекультивации золоотвалов в субаридных условиях.

Даже при отсутствии мер ухода (подкормки, своевременное скашивание травостоя и т. д.), но когда в развитии КФЦ отмечается тенденция к образованию сообществ зонального типа, производительность и кормовое достоинство травостоя выше, чем у естественных луговых травостоев. Однако на высоком уровне они сохраняются всего лишь до 5—6 лет, после чего снижаются. Поддержание их на повышенном уровне может быть обеспечено агротехническими приемами ухода за посевом. Установлено также интенсивное развитие массы подземных органов растений в сообществах на золоотвалах, которая по относительной величине превышает массу надземных частей. Это приводит не только к скреплению частиц золы от развевания, но и, способствуя накоплению органического вещества и азота в золе, улучшает ее как субстрат.

3. Для поддержания высокой производительности КФЦ и обеспечения их высокой кормовой ценности необходимо проведение комплекса луговодственных и агротехнических мероприятий, конечная цель которых — ускорение формирования почвенных горизонтов на золоотвалах.

4. Для золоотвалов, расположенных в крайних северных (таежных) и субарктических и южных аридных (зоны сухих степей,

полупустынь и пустынь) районах страны, агротехнические приемы создания КФЦ должны разрабатываться с учетом особенностей их зонального климатического режима.

ЛИТЕРАТУРА

- Алехин В., 1924. Что такое растительное сообщество. М.
- Бялович Ю. П., 1936. Введение в культурфитоценологию. «Сов. ботаника», № 2.
- Василевич В. И., 1970. Неравномерность распределения видов в сообществе и ее количественный анализ. В сб. «Мозаичность растительных сообществ и ее динамика». Владимир.
- Колесников Б. П., Пикалова Г. М., 1970. Некоторые результаты работ лаборатории промышленной ботаники Уральского университета по фитомелиорации промышленных отвалов. В сб. «Рекультивация в Сибири и на Урале». Новосибирск.
- Колосов И. И., 1962. Поглощительная деятельность корневых систем. М.
- Лавренко Е. М., 1971. Основные проблемы биогеоценологии и задачи биогеоценологических исследований в СССР. «Общая биология», т. 32, № 4. М.
- Ларин И. В., Агабабян Ш. М., Работнов Т. А., Любская А. Ф., Ларина В. К. и др., 1950; 1951. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР, т. 1, 2. М.—Л.
- Марков М. В., 1968. Культурфитоценология как теоретическая основа создания искусственных посевов. В кн. «Основные проблемы современной геоботаники». Л.
- Пикалова Г. М., Серая Г. П., Пасынкова М. В., Левит С. Я., Шубин Ф. М., Комов С. В., 1974. Некоторые закономерности формирования культурфитоценозов на золоотвалах ТЭЦ Урала. В сб. «Растения и промышленная среда», вып. 3. Свердловск.
- Работнов Т. А., 1950. Вопросы изучения состава популяций для целей фитоценологии. В сб. «Проблемы ботаники», вып. 1. М.
- Раменский Л. Г., 1971. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.
- Рассел Э., 1955. Почвенные условия и рост растений. М.
- Сигалов Б. Я., 1958. О закреплении поверхности золоотвалов многолетними травами. «Бюлл. ГБС АН СССР», № 28.
- Синская Е. Н., 1961. «Проблемы популяций у высших растений», вып. 2. М.
- Смелов С. П., 1966. Теоретические основы луговодства. М.
- Сукачев В. Н., 1938. Главнейшие понятия из учения о растительном покрове. В кн. «Растительность СССР», т. 1. М.—Л.
- Сукачев В. Н., 1975. Избранные труды. т. 3. Л.
- Физико-географическое районирование СССР. 1968. М.
- Хамидулина М. В., 1966. Рост и развитие многолетних злаковых и бобовых растений на золе с поливом сточными водами. В сб. «Растительность и промышленные загрязнения. Охрана природы на Урале», вып. 5. Свердловск.
- Часовенная А. А., 1967. О понятии культурфитоценоз. «Тезисы I Межвузовского совещания по вопросам агрофитоценологии». Казань.
- Шенников А. П., 1951. Культивируемая растительность как объект геоботаники. «Уч. зап. Горьковск. ун-та». Сер. биол. № 143, вып. 30.